

# Artenzahlschätzung als Basis für eine robuste Indikation

Klaus Follner

## 1 Einleitung

Indikation im Sinne, dass aus dem Wissen über ökologische Ansprüche von Organismen und ihrem Vorkommen an einem bestimmten Ort Aussagen über die dort herrschenden Standortbedingung abgeleitet werden, hat bisher ein Problem mit der Qualitätssicherung. Da die Zuverlässigkeit der Indikation davon abhängt, dass die aussagekräftigen Arten mit ausreichender Wahrscheinlichkeit nachgewiesen wurden, ist eine Methode notwendig, die es ermöglicht abzuschätzen, welcher Aufwand für eine geforderte Zuverlässigkeit nötig ist oder wie zuverlässig das Ergebnis für einen geleisteten Aufwand sind. Der in RIVA verfolgte Ansatz geht davon aus, dass moderne Verfahren der Artenzahlschätzung eine Basis für eine solche Qualitätskontrolle bieten.

Mit verschiedenen Ansätzen wurde versucht, auf der Basis einer unvollständigen Erfassung eine möglichst qualifizierte Schätzung der Artenzahl zu bekommen (BALANÁS 1992). Bisher konnten jedoch die Ergebnisse nicht vollständig befriedigen. Die Schätzung der Zahl der Individuen einer Population ist vom Standpunkt der Statistik her gesehen ein ähnliches Problem. Da die Fortschritte im Bereich der Populationsgrößenschätzung in den vergangenen Jahren relativ groß waren, liegt der Versuch nahe, solche Verfahren auf die Schätzung von Artenzahlen zu übertragen (COLWELL UND CODDINGTON 1994, CODDINGTON ET AL. 1996).

Anhand der Freilanddaten von RIVA und einer darauf aufbauenden Simulation soll im Folgenden gezeigt werden, von welchen Eigenschaften der Freilanddaten die Zuverlässigkeit der Artenzahlschätzung abhängt und welche Schätzverfahren folglich als geeignet für die Qualitätssicherung von Indikation erscheinen.

## 2 Methoden

Die Freilanddaten über Laufkäfer, Spinnen, Mollusken und Pflanzen für die Untersuchung der Schätzverfahren stammen aus RIVA. Was die Erhebung der zoologischen und botanischen Daten betrifft, sei auf die jeweiligen Artikel in diesem Tagungsband verwiesen. Mit den Bodenfallen (Laufkäfer und epigäische Spinnen) wurde ein für die Artenzahlschätzung wichtige zusätzliche Aufnahme durchgeführt. Die Fallen wurden im Sommer und Herbst 1998 und im Sommer 1999 an acht aufeinanderfolgenden Fangperioden im Abstand von zwei Tagen geleert. Pro Fangperiode wird nur ein Artnachweis verwendet, die Zahl der Individuen einer Art während einer Fangperiode geht nicht in die Schätzung ein.

Jede im Bereich der Fallen vorkommende (und fangbare) Art kann in jeder, in einem Teil oder in keiner der Fangperioden nachgewiesen werden. Die Verteilung der Häufigkeiten, mit der Arten nachgewiesen werden, liefert ein Abbild der Verteilung der Wahrscheinlichkeiten, mit denen Arten abhängig von ihrer Individuenzahl und art-typischen Aktivität nachgewiesen werden können. Diese gefundenen Verteilungen der Nachweiswahrscheinlichkeiten liefern die Grundlage für die Simulationen, mit denen die Präzision und Robustheit der verschiedenen Methoden der Artenzahlschätzung untersucht werden.

Da die Fangperioden kurz gehalten werden konnten, wurden für die Artenzahlschätzung Methoden verwendet, die für geschlossene Populationen und mehrere Wiederfang-Gelegenheiten entwickelt wurden.

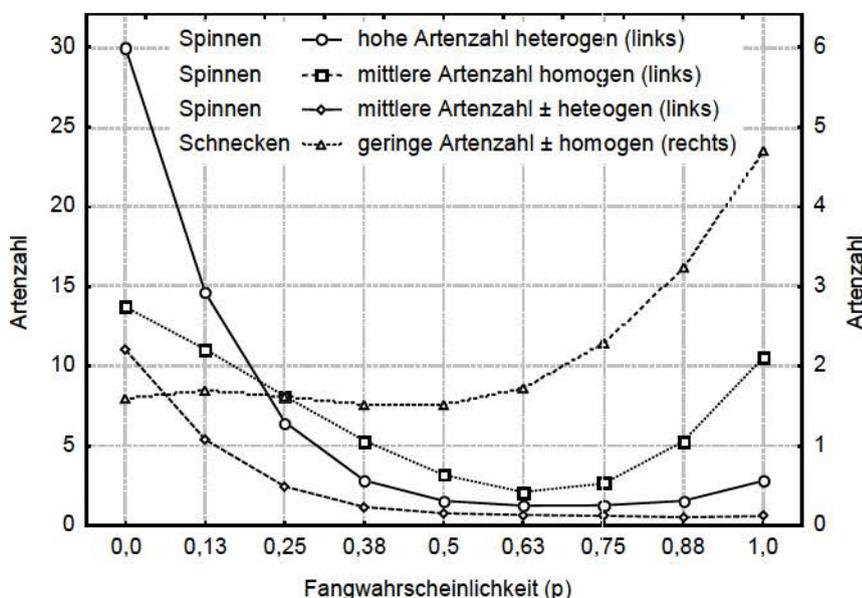
Untersucht wurden im Einzelnen:

- Jackknife1 = Jackknife 1. Ordnung (Burnham und Overton 1978),
- Jackknife2 = Jackknife 2. Ordnung (BURNHAM UND OVERTON 1978),
- Chao1 = Coverage- Schätzer (CHAO ET AL. 1992a),
- Chao2 = Coverage- Schätzer mit Korrekturterm (CHAO ET AL. 1992A),
- Chao3 = Coverage- Schätzer mit Korrekturterm (CHAO ET AL. 1992A),
- Chao4 = Punkt- Schätzer (CHAO 1987),
- Chao5 = Coverage-Schätzer mit Korrekturterm (CHAO UND LEE 1992B),
- Chao6 = Coverage-Schätzer mit Korrekturterm (CHAO UND LEE 1992B),
- Chao7 = Coverage-Schätzer mit Korrekturterm (CHAO UND LEE 1993),
- M0 = Maximum Likelihood- Schätzer (OTIS ET AL. 1978).

Die beiden Jackknife- Schätzer und Chao4 wurden schon für Artenzahlschätzungen verwendet (COLWELL UND CODDINGTON 1994). Mit den Coverage-Schätzern wird dies zum ersten Mal versucht. Die Schätzung der Variabilität für die Schätzergebnisse ist bei jedem Verfahren anders gelöst. Um direkt vergleichen zu können, wurde zur Schätzung der Standardabweichung auf alle Schätzverfahren auch das Bootstrap-Verfahren angewandt.

### 3 Ergebnisse

Aus der großen Zahl gefundener Verteilungen von Nachweisfrequenzen bzw. Nachweiswahrscheinlichkeiten sind im Folgenden vier, für bestimmte Situationen typische, dargestellt. Vergleichbare Verteilungen findet man auch bei Laufkäfern und Pflanzen. Einfache Schätzverfahren setzen voraus, dass die Nachweiswahrscheinlichkeiten gleichverteilt sind, was bei Artengemeinschaften nie zu erwarten ist (Abb. 1). Weiterhin ist sichtbar, dass die Verteilung umso mehr zweigipflig wird, je ähnlicher die Stichproben sind, je homogener also der Zeitraum bzw. die Probeflächen sind, aus denen die Fänge stammen. Die genaue Form der Kurve hängt außerdem von der Artenzahl ab. Würde man die Verteilungen auf eine bestimmte Artenzahl normieren, würde sich die erste und die dritte Kurve der Spinnen kaum unterscheiden.



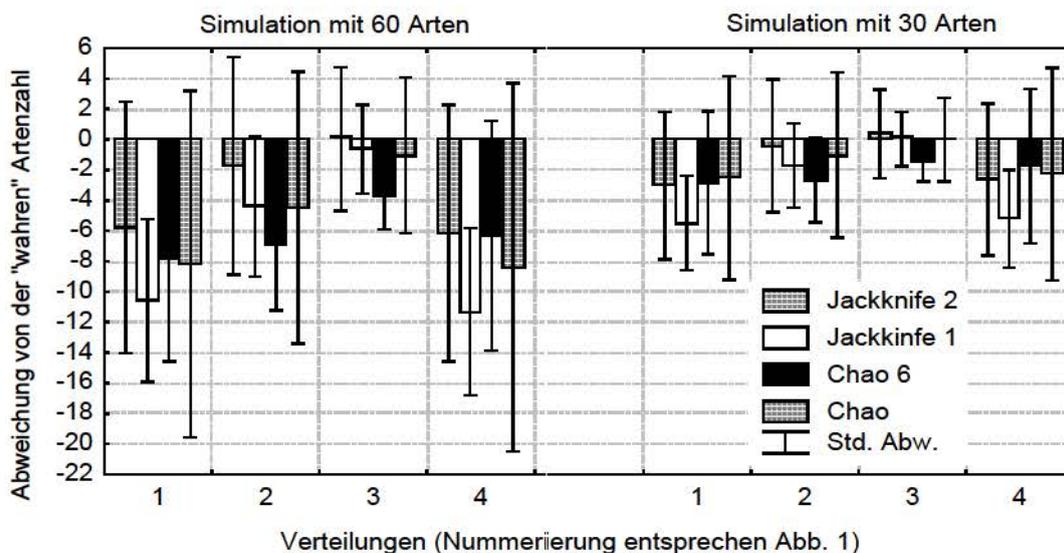
Wenn man, wie in unserer Untersuchung, die Fallen in kurzen Intervallen leert, bedeutet geringer Aufwand immer weniger Fallen, die aber unter relativ homogenen Bedingungen aufgestellt werden können. Dann ist die allgemeine Wahrscheinlichkeit gering, eine Art in einer Fangperiode nachzuweisen, woraus sich eine linksschiefe Verteilung der Frequenzen und Wahrscheinlichkeiten

Abb. 1. Verteilungskurven von Arten auf Fangwahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von der möglichen Artenzahl und Heterogenität der Aufnahmen

keiten für den Nachweis ergibt. Ein sehr hoher Aufwand bedeutet viele Fallen, die dann in zunehmend heterogener Umgebung aufgestellt werden müssen. Das hat zur Folge, dass nicht mehr alle Arten in jeder der Fallen mit gleicher Wahrscheinlichkeit nachgewiesen werden können, die Fallen also etwas unterschiedliche Artengemeinschaften befangen. Auch dies hat eine linksschiefe Verteilung zu Folge. Eine zweigipflige Verteilung zeigt also einen guten Kompromiss zwischen nötiger Fangintensität und wachsender Heterogenität an.

Welche der Schätzverfahren bei welchen der dargestellten Verteilungen der Nachweiswahrscheinlichkeit (Abb. 1) die höchste Präzision und Zuverlässigkeit erreichen, kann nur mit Hilfe einer Simulation auf der Basis der im Freiland gefundenen Verteilungen stattfinden, weil von Freilanddatensätzen ja nie die „wahre“ Artenzahl bekannt ist. In Simulationen kann man dagegen systematisches Über- oder Unterschätzen erkennen und mit Randbedingungen wie der Verteilung der Nachweiswahrscheinlichkeit in Verbindung setzen.

Präzision und Zuverlässigkeit von Schätzverfahren hängen von der Artenzahl ab (Abb. 2). Ein Schätzverfahren (Jackknife 2), das mit einer höheren Artenzahl mit kleiner systematischer Abweichung und recht zuverlässig arbeitet, verliert bei halb so vielen Arten relativ stark an Präzision und erreicht nur das drittbeste Ergebnis. Ein Verfahren (Chao 4), das im Durch-



**Abb. 2.** Vergleich der Abweichung des Schätzergebnisses von der „wahren“ Artenzahl für vier ausgewählte Schätzverfahren und die geschätzte Standardabweichung (Bootstrap-Verfahren) der Schätzungen

schnitt bei niedriger Artenzahl sehr gut funktioniert, kann dennoch die größte Streubreite aufweisen und ist deshalb nicht verwendbar. Außerdem kann auch die Form der Verteilung der Nachweiswahrscheinlichkeiten (Abb. 1) eine bedeutende Rolle spielen. Chao 6 erreicht zufriedenstellende Schätzergebnisse nur bei den Verteilungen 1 und 4. Für die verwendeten Verteilungen der Nachweiswahrscheinlichkeit (Abb. 1) neigen alle Schätzverfahren zum Unterschätzen der „wahren“ Artenzahl. Teilweise liegt die „wahre“ Artenzahl nicht einmal im Bereich der Standardabweichung (Abb. 2).

## 4 Diskussion

Wie wir vermuteten, hängt die Präzision und Robustheit der Schätzverfahren für Artenzahlen wesentlich von den beiden Faktoren Verteilung der Nachweiswahrscheinlichkeit und Größe der Artengemeinschaft ab (FOLLNER UND HENLE in print). Umso erstaunlicher ist es, dass diese Faktoren bisher nicht systematisch für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit der verschiedenen Schätzverfahren untersucht wurden (Burnham UND Overton 1978, CHAO ET AL. 1992a). Der Grund ist wohl hauptsächlich darin zu suchen, dass ein entsprechender Datensatz nur im Rahmen eines Verbundprojektes wie RIVA erhoben werden kann. Nur so können die Faktoren, von denen Präzision und Robustheit der Schätzverfahren beeinflusst werden, durch Simulation ermittelt werden.

Da das eigentliche Indikationssystem von RIVA derzeit noch nicht vollständig zur Verfügung steht, kann die Verwendung der jeweils als optimal ermittelten Artenzahlschätzer für die Qualitätssicherung in der Indikation erst in der Verlängerung von RIVA wirklich untersucht werden.

## Literatur

- BALTANÁS, A. (1992) On the use of some methods for the estimation of species richness. *Oikos* 65, 484–492
- BURNHAM, K.P., OVERTON, W.S. (1978) Estimation of the size of a closed population when capture probabilities vary among animals. *Biometrika* 65: 625–633
- CHAO, A. (1987) Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics* 43: 783–791
- CHAO, A., LEE, S.-M., JENG, S.-L. (1992A) Estimating population size for capture-recapture data when capture probabilities vary by time and individual animal. *Biometrics* 48: 201–216
- CHAO, A., LEE, S.-M. (1992B) Estimating the number of classes via sample coverage. *J. Am. Stat. Assoc.* 87: 210–217
- CHAO, A., LEE, S.-M. (1993) Estimating population size for continuous-time capture-recapture models via sample coverage. *Biom. J.* 1: 29–45
- CODDINGTON, J.A., YOUNG, L.H., COYLE, F.A. (1996) Estimating spider species richness in a Southern Appalachian cove hardwood forest. *J. Arachnol.* 24: 111–128
- COLWELL, R.K., CODDINGTON, J.A. (1994) Estimation terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. B* 345: 101–118
- FOLLNER, K., HENLE, K. (in print) Closed Mark-Recapture-Models to Estimate Species Richness: Illustration with data on epigeal spiders. *J.A.B.E.S. special issue*
- OTIS, D.L., BURNHAM, K.P., WHITE G.C., ANDERSON, D.R. (1978) Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildl. Monogr.* 62: 11–35

# **Indikation in Auen**

*Präsentation der Ergebnisse*  
**aus dem RIVA-Projekt**

Mathias Scholz, Sabine Stab, Klaus Henle (Hrsg.)

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH  
Projektbereich Naturnahe Landschaften und Ländliche Räume

Das dem Bericht zugrunde liegende Projekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF, Projektträger BEO) unter dem Förderkennzeichen 0339579 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der Beiträge liegt bei den Autoren.